УДК 531/534+530.1(075)

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ: НОВЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

В.В. Ларионов, Д.В. Пичугин

Томский политехнический университет
E-mail: larionov@galore.tomsk.ru; dmitry.pichugin@gmail.com

Разработана педагогическая технология обучения физике на лабораторных занятиях в техническом университете, в которой материальные и виртуальные носители дидактических средств композиционно распределены по вариативной многоуровневой схеме.

Физический практикум в техническом университете является важнейшим элементом технологии обучения не только фундаментальным дисциплинам, но и, согласно междисциплинарному принципу образования, общепрофессиональным. Проблема его оптимального формирования с учетом всего многообразия подходов, технологий и систем обучения при строгом соответствии основным принципам дидактики всегда была актуальной. Повышается значение физического практикума в связи с изменением роли технических университетов при их преобразовании в инновационные академические университеты [1], когда необходимым требованием к выпускнику технического вуза становится методологическая компетенция не только в области научных исследований, проектной деятельности и менеджмента, но и в сфере внедрения новейших технологий.

Эту задачу решает проблемно-ориентированное деятельностное изучение, в том числе физики [2], так как назначение инженерного мышления – создавать, конструировать, доводить современный наукоемкий технический замысел до предметной и технологической реализации.

В этих условиях физический практикум (ФП) обязан выполнять следующие функции по формированию: а) системного подхода к любому знанию и умению, в том числе знаниям техническим и технологическим; б) процедурных знаний, т.е. перехода от репродуктивной к продуктивной концепции; в) качественных профессиональных умений преобразовательного свойства.

Известно, что физический практикум включает натурные (информационные технологии прямого доступа), имитационные, виртуальные, компьютерные, электронные, модельные, компьютеризированные лабораторные работы. Поэтому поиск оптимальных соотношений между отдельными частями ФП представляет актуальную задачу. Кроме того, согласно требованиям Болонской декларации [3] произошло значительное снижение объема аудиторных занятий при росте числа часов по самостоятельной работе. Возникла проблема интенсификации учебного процесса, которая, в основном, решается с помощью виртуальных носителей дидактических средств [4–12]. Наличие большого числа компьютерных программ и специализированного программного обеспечения способствовало созданию виртуальных лабораторных работ. Таким образом, возникла дополнительная опасная тенденция к замене натурных экспериментов ФП компьютерными и виртуальными работами.

Анализ научно-методической литературы показывает, что в создаваемых компьютерных и виртуальных лабораторных работах, как и в натурных, используются объяснительно-дескриптивные модели. Целью эксперимента ставится подтверждение теории изучаемого явления или эффекта, его иллюстрация в форме функциональных зависимостей одних величин от других. Такое традиционное объяснительно-иллюстративное понимание роли компьютерных практикумов, виртуальных лабораторных работ и натурных экспериментов приходит в противоречие с приоритетами современного инновационного образовательного процесса.

Для направлений подготовки специалистов, связанных с инженерной деятельностью в наукоемких областях, приоритетным является освоение методологии научного исследования, позволяющей не только понять процесс получения нового знания, но и овладеть методологическими принци-

пами внедрения научных достижений. Внедрение научных достижений становится отдельной отраслью науки. Поэтому кроме естественнонаучной методологии, которая осваивается в повседневной учебной деятельности студентов на лабораторно-практических занятиях с использованием математических моделей и виртуальных приборов, должна быть выделена экспериментально-преобразовательная деятельность. Это означает, что у физических практикумов с элементами моделирования физических, химических, экологических и других процессов кроме учебно-имитационного моделирования профессионально ориентированной, исследовательской и поисковой деятельности по получению нового (для обучаемого) знания, появляется новая цель – технологического преобразования объекта изучения [13]. При таком подходе изучение того или иного явления физики становится одновременно не только средством освоения методологии научного поиска, но и выработки умений инженерного преобразования.

Целевая установка на формирование потребности в самостоятельной познавательной деятельности, на поиск и получение новой информации и знаний, требует модернизации традиционных форм организации учебного процесса. Задачей предлагаемых нами композиционных физических практикумов (в том числе и компьютерных виртуальных лабораторных работ в их логическом и дидактическом сочетании) по естественнонаучным дисциплинам является не столько иллюстрация и подтверждение теоретически описанных взаимодействий, явлений или эффектов, сколько их открытие и преобразование в самостоятельной деятельности, дидактически обоснованной и организованной преподавателем. Обучаемые сами должны не только обнаружить и описать первоначально на доступном уровне тот или иной эффект, явление, закономерность, но и подумать, как можно преобразовать (это уже уровень деятельностного обучения) изучаемое техническое устройство, как изменить тот или иной параметр установки, в том числе с помощью «мыши» и клавиатуры персонального компьютера.

Система вопросов, разработанная в [14], для целей фундаментального изучения физики, является востребованной и в обсуждаемом контексте преобразования ФП технических университетов при проблемно-ориентированном деятельностном изучении. Простейшие вопросы, кажущиеся таковыми при теоретическом анализе явления, становятся трудными и требующими анализа, а также серьезных мыслительных процедур в деятельностном отношении. Например, как изменить электрический заряд на поверхности тела, чтобы получить его соответствующее распределение или создать магнитное поле в ограниченной части пространства. Включая в композиционный практикум моделирование, используем принцип – моделируя физические явления – обучаем, обучая – моделируем профессиональную деятельность по внедрению научных достижений.

На основании полученных знаний, обучаемые должны быть в состоянии сделать прогноз последствий для изучаемого явления или эффекта в новых условиях или для новых областей практического применения. Таким образом, помимо заданий наблюдательно-описательного, сравнительного, измерительного и экспериментального характера, в лабораторной работе должны присутствовать задачи проблемного характера, требующие для своего решения рационально-логического мышления и (или) использования знаний для расчетов практически важных характеристик. Считаем, что отдельно взятое компьютерное моделирование целесообразно, тогда, когда полностью отсутствуют возможности реализации явления в данной конкретной лаборатории. В этом случае для имитации стоит использовать разработки фирм, выпускающих натурные лабораторные установки. По-видимому, целесообразно обмениваться через Интернет техническими характеристиками реальных процессов, чтобы создавать виртуальные работы на основе реальных экспериментальных данных. Элементы подобной методологии заслуживают внимания при изучении влияния облучения на материалы, например, на элементы солнечных батарей, побывавших в космосе, или когда для проведения экспериментов требуется создание лабораторий особого класса по уровню безопасности и т.д.

Моделирование нужно сопровождать конкретной целью. От дескриптивного изложения следует перейти к созидательно-деятельностному обучению. Так, типичная лабораторная работа по моделированию движения иона в магнитном поле представляет визуализированное решение задачи из стандартного задачника для вузов. Можно изменить цели и придать работе расчетно-технологические свойства. Например, рассмотреть проблему быстрого и локального разогрева поверхности, проблему эффективности сварки в магнитном поле, точечное воздействие заряженными частицами на поверхность материала и т.д. Это позволяет реализовать концепцию переноса знаний из предыдущих семестров (в приведенном примере необходимо знание явлений переноса), сформулировать проблемные ситуации, решение которых создает нацеленность на выработку системного подхода к изучаемому материалу и, следовательно, на формирование самой системы знаний, создание очередной учебной проблемы. Недостаточно изучить движение заряда, нужно заставить его участвовать в технологических операциях. Кроме того, при обучении следует помнить, что если знания не используются, они деградируют [15].

Физический практикум должен быть организован методологически независимо от типа программных средств и оболочек, что является основным требованием универсализации педагогических технологий. Разработанная нами комплексная система материальных и виртуальных носителей дидактических средств позволяет проводить модернизацию и преобразование практикума по единой методологи-

чески и дидактически обоснованной схеме. Таким образом, снимаются психолого-педагогические, методологические и дидактические противоречия, появившиеся в последнее время в системе развития физических практикумов не только технических университетов, но и вузов в целом. Эти противоречия различные авторы пытаются разрешить, используя в основном либо виртуальные модели и практикумы [5, 12], либо техническое усложнение материальных носителей дидактических средств физического практикума.

Нами разработана педагогическая технология инновационного изучения физики на лабораторных занятиях в техническом университете, в которой материальные и виртуальные носители дидактических средств композиционно распределены по вариативной многоуровневой схеме. Она содержит следующие основные элементы.

1. Краткая видеолекция (электронный конспект) по теоретическому материалу, предназначенному для автономного изучения рассматриваемого явления. Видеолекция включает демонстрацию явления, анализ графического материала в виде «живых» графиков. С «живыми» графиками студент может работать в диалоговом и интерактивном режиме. Здесь же размещены интерактивные задачи и контрольные тесты по проверке усвоения теоретического материала. Развита концепция преподавания физики, основанная на 4-х типовых учебных вопросах проф. В.И. Николаева [14]. Проверены критерии отбора вопросов. Фиксируется быстрота ответа и время запоминания теоретического материала.
2. Подробное описание цели эксперимента и методологии его осуществления. Описание содержит внешний вид установки (фотоверсия), измерительные приборы и инструменты, их технические параметры, и иной необходимый для проведения работы интерфейс. Методика и техника эксперимента сопровождается интерактивными контролирующими тестами по проверке готовности выполнять эксперимент.
3. Полнокомплектный виртуальный прибор со всеми атрибутами, необходимыми для выполнения работы (пример приведен на рис. 1, где показана лабораторная установка по изучению динамики вращательного движения). Виртуальная модель полностью имитирует реальный процесс. Файл сдержит все таблицы для экспериментальных данных. Расчеты и построение графиков можно проводить как в ручном, так и автоматическом режиме (рис. 2) по регламенту учебного процесса. Данная компонента вариативной схемы применяется для дистантного образования или в качестве допуска к выполнению работы при дневной форме обучения. Элементной базой для разработки виртуальной составляющей практикума может служить виртуальный физический практикум компании «Физикон» [5] или Пермского технического университета [7].

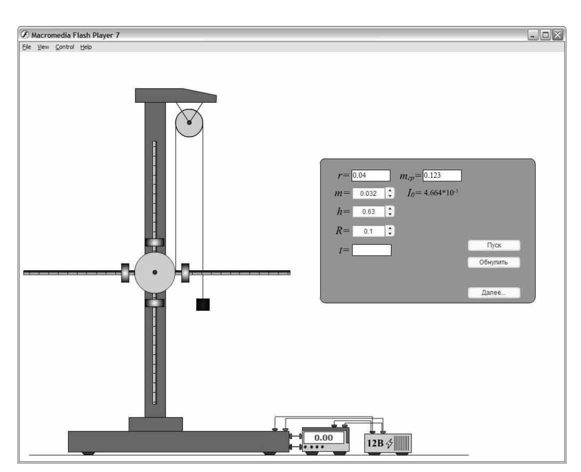


Рис. 1. *Виртуальный маятник Обербека*

4. Компьютеризированный вариант информационной технологии прямого доступа. Лабораторная работа выполняется на натурном макете. Все показания с приборов вводятся в персональный компьютер. В этом случае экспериментальные данные студент записывает в таблицы, проводит их обработку ручным способом или с помощью компьютера.

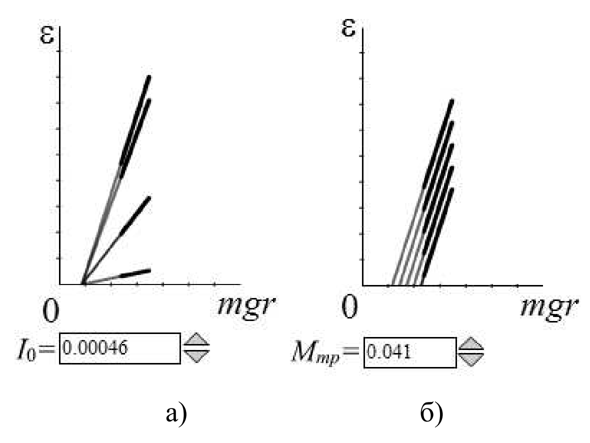


Рис. 2. *Графическое представление результатов виртуального эксперимента: а) определение момента инерции маятника, б) определение момента сил трения*

5. Этап компьютерного моделирования. Содержит два подуровня. На первом подуровне проводится моделирование явления с изменением технических параметров устройства, например, в рассматриваемой работе можно моделировать величину момента инерции I_0, варьировать трение в блоках $M_{тр}$, массу основных и промежуточных блоков, учиться изменять моменты инерции всех элементов устройства (рис. 3) по формуле (1).

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4, \qquad (1)$$

где моменты инерции обозначены как: I_1 – основного вала маятника, I_2 – блока, I_3 – стержней, I_4 – держателя стержней.

Подчеркнем, что все технические и другие характеристики варьируются в доступном для студента 1-го курса варианте, т.е. в линейном приближе-

нии. Умение провести простейшее моделирование приобретается в курсе информатики, согласованном с курсом физики. Применяются стандартные средства Matcad, Matlab и др. Посредством процедуры тестирования-моделирования преподаватель создает в диалоговом компьютерном режиме проблемную ситуацию и регулирует ее решение (см. графики рис. 3), а также выясняет рейтинг студентов для проблемно-ориентированного обучения.

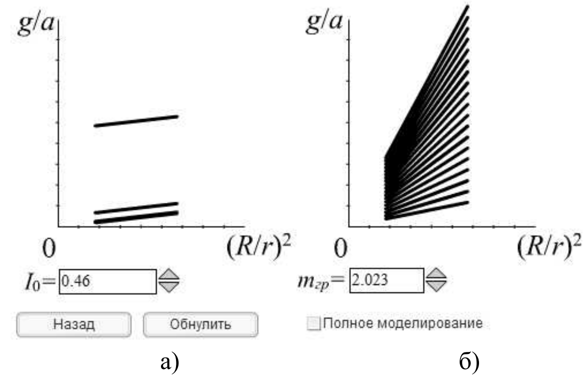


Рис. 3. *Моделирование движения маятника: а) изменение момента инерции маятника, б) изменение момента сил трения в линейном приближении*

На втором подуровне осуществляется исследовательское компьютерное и технологическое моделирование. Моделируются нелинейные процессы, которые возможны в данной системе. Например, изучается нелинейность при условии, что момент сил трения $M_{тр}$ зависит от угловой скорости вращения ω:

$$\varepsilon = \frac{(mgr - M_{тр})}{I_0 + 4m_{гр}R^2}, \text{ где } M_{тр}=k\omega, \ \varepsilon=d^2\varphi/dt^2. \qquad (2)$$

Здесь k – коэффициент пропорциональности, определяемый из начальных условий, φ – угол поворота маятника, ε – угловое ускорение маятника, m – масса груза, под действием которого маятник приводится во вращение, $m_{гр}$ – масса груза, расположенного на спице маятника, R – координата $m_{гр}$ на спице, r – радиус шкива маятника, g – ускорение свободного падения. Выбор k представляет проблемную ситуацию и, либо его значение дает преподаватель, либо студентам предлагается найти его из литературных источников, либо используются графические данные (рис. 4). В этом случае более сложное моделирование нелинейных эффектов проводят с помощью функции

$$M_{тр}=M_0+k_1\omega-k_2\omega^3, \qquad (3)$$

где M_0 – постоянный момент силы трения при ω=0, k_1, k_2 – коэффициенты нелинейности (на рис. 4 максимальные и минимальные значения момента сил трения обозначены как R_+, R_- соответственно). Конструктивная реализация условий, при которых возможны значения моментов сил трения, приведенных на рис. 4, затруднительна. Это объясняется тем, что случайный характер трения может решающим образом влиять на движение системы.

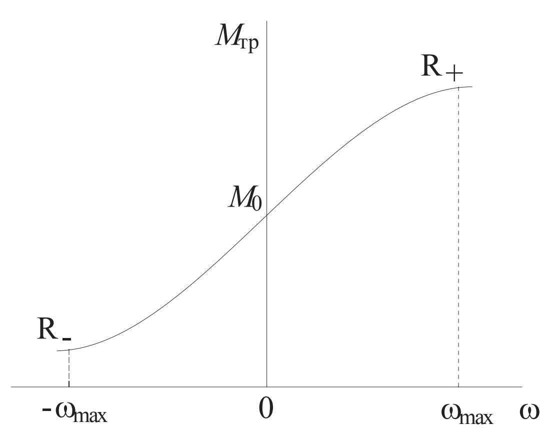


Рис. 4. *Зависимость момента сил трения от угловой скорости щ вала маятника*

Дифференциальное уравнение движения маятника Обербека (2) легко решается в аналитическом виде, нелинейное уравнение с учетом (3) – приближенными методами.

Таким образом, адаптированный вариант моделирования [6, 12] заменяется исследовательским моделированием. Отдельные элементы исследовательского моделирования по некоторым лабораторным работам ФП в виртуальном варианте представлены на сайтах МФТИ [5] и МГУ [17, 18].

Известно, что педагогические технологии должны учитывать психологическую составляющую процесса обучения. В описываемом случае два уровня моделирования соответствуют генетической плоскости проблемных ситуаций. На первом подуровне моделирование осуществляется на простейших примерах, анализ которых нагляден. Во втором случае результат моделирования требует серьезного анализа с привлечением дополнительных литературных источников.

Таким образом, предложенная технология позволяет совершенствовать физический практикум по фрактальному принципу. Данная модель обучающей системы, состоящая из нескольких основополагающих частей, позволяет автономно совершенствовать все ее составляющие компоненты в виртуальном и натурном варианте и применять в целом для дистантного, традиционного, инновационного, проблемно-ориентированного деятельностного и элитного образования. Заметим, что каждое новое поколение натурной или виртуальной модели, или новое поколение программных средств находит в нашем практикуме свое достойное место, что решает проблему совершенствования и создания физических практикумов новых поколений в перманентном режиме. Системно-композиционный практикум, обсуждаемый в статье, полезен при организации семинарских и лекционных занятий.

Авторы надеются, что результаты исследований снимают многие дискуссионные проблемы о соотношении натурных и виртуальных лабораторных работ, а также раскрывают роль виртуального и компьютерного моделирования в учебном процес-

се при деятельностном изучении физики в технических университетах.

Каждая составляющая ФП развивается по собственным дидактическим правилам и закономерностям по мере совершенствования программных и иных средств. Создается технология обучения, отвечающая возрастающим и изменяющимся требованиям образования. Накапливающиеся противоречия разрешаются созданием системно-композиционного ФП, в котором все составные части развиваются так, что многократно усиливают значимость и уровни всего практикума в целом. Успех введения проблемно-ориентированного обучения [2, 13] также определяется тем, как структурированы и развиты по уровням материальные и виртуальные средства дидактики физического практикума.

В рамках лабораторного практикума студентам предлагается, наряду с рассмотренной формой проведения лабораторных работ, выполнение научного мини-исследования по любой теме, изучаемой в данном семестре. Для этого на вводных лабораторных занятиях студентам выдаются задания на новые идеи и новые эксперименты по теме лабораторной работы. Предлагается придумать критерии идеальной техники, пояснить роль объединительных идей в физике в создании новейших технологий, показать роль измерений в физике, технике и естествознании, рассмотреть взаимосвязь техники и экологии, выделить основные моменты исследований по выбранной лабораторной работе, составить собственные вопросы к работе, в том числе тестовые.

Студент может предложить свой объект для исследования, не забывая при этом о его связи с названием лабораторной работы. Можно предложить и свою методику, обосновав ее применение и возможные результаты. Необходимо описать объект, представив рисунок или блок-схему методики. Поощряется проявление находчивости, умение работать с компьютерными приложениями, знание компьютерных программ для обработки экспериментов или обработки данных. Предлагается использовать литературные обзоры и комментарии к ним. Следует связать полученные результаты с результатами, обсуждаемыми в обзоре. Неплохо проявить смелость при использовании параллелей, в том числе и исторических, для сравнения с собственными результатами. Поощряется применение зарубежных источников информации. Некоторые результаты хорошо показывать в 3-мерной графике и цвете. Должен быть выделен основной вывод. Важно подчеркнуть значение результатов для практического использования. Можно привести стоимость тех узлов установки, которые предлагается использовать или заменить. Желательна оценка дизайна экспериментального модуля.

Предлагаемая методика позволяет провести кастинг студентов, способных к творческому анализу проблемных ситуаций, проанализировать и выявить склонность к самостоятельному творческому мышлению и сформировать группы для усиленной фундаментальной элитной подготовки.

В заключение отметим, что проведенными исследованиями решена проблема выбора целей физического практикума и предложена его универсальная системно-композиционная схема, удовлетворяющая современным требованиям по созданию ФП дальнейших поколений. Требуемый уровень технологического преобразования физической системы достигается деятельностным подходом к обучению, переходом от репродуктивного обучения к продуктивному, генерированием проблемных ситуаций и их решению.

Таким образом, созданы богатые дидактические возможности для постановки проблемных ситуаций и поисковых заданий при использовании относительно простых и достаточно наглядных композиционных лабораторных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Похолков Ю.П., Чучалин А.И., Агранович Б.Л., Соловьев М.А. Инновационное инженерное образование: содержание и технологии // Инновационный университет и инновационное образование: модели, опыт, перспективы: Труды Междунар. симп. – Томск, 2003. – С. 9–10.
2. Ларионов В.В. Натурно-виртуальный физический практикум для проблемно-ориентированного и элитного обучения // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 3. – С. 164–167.
3. Болонская декларация. http://www.spbu.ru/news/edusem/boldec.ru.
4. Шапочкин М.Б., Панкрашкин Ю.Б. Применение компьютера в физической лаборатории // Физическое образование в вузах. – 2003. – Т. 9 – № 1. – С. 155–157.
5. Тихомиров Ю.В. Универсальный лабораторный практикум по курсу физики на основе компьютерных моделей // Открытое образование. – 2004. – № 3. – С. 28–38.
6. Безрядин Н.Н., Прокопова Т.В., Агапова Е.М., Васильева Л.В. Сочетание традиционных и современных компьютерных технологий в лабораторном практикуме // Физическое образование в вузах. – 2004. – Т. 10. – № 2. – С. 60–67.
7. Баяндин Д.В., Мухин О.И. Модельный практикум и интерактивный задачник по физике на основе системы STRATUM-2000 // Компьютерные учебные программы. – 2002. – № 3. – С. 28–37.
8. Богомолов О.А. Программа «Дизайнер курсов» – эффективное средство для построения электронных учебников // Открытое образование. – 2001. – № 1. – С. 37–39.
9. Аветисян Д.Д. Программно-технологический комплекс TeachPro для создания электронных учебников // Открытое образование. – 2001. – № 4. – С. 26–29.
10. Жарков Ф.П., Каратаев В.В. и др. Использование виртуальных инструментов LabVIEW / Под ред. К.С. Демирчана и В.Г. Миронова. – М.: Солон-Р, 1999. – 268 с.
11. Бирюков С.В., Гуськов Д.Н. Виртуальный, реальный и дистанционный эксперименты в лабораторном практикуме по физике при дистанционном обучении // Современный физический практикум: Матер. VIII Междунар. научно-метод. конф. – М.: Изд-во «МФО», 2004. – С. 68–69.

12. Стародубцев В.А. Компьютерные и мультимедийные технологии в естественнонаучном образовании. – Томск: Дельтаплан, 2002. – 224 с.
13. Ларионов В.В. Особенности методического обеспечения преподавания физики в системе открытого образования в области техники и технологий // Открытое образование. – 2004. – № 4. – С. 15–20.
14. Николаев В.И. Четыре типовых вопроса по физике // Физическое образование в вузах. – 2004. – Т. 10. – № 2. – С. 5–9.
15. Гапоненко А.Л. Управление знаниями. – М.: ИПК госслужбы, 2001. – 52 с.
16. Гладун А.А. Физика как культура моделирования // Физическое образование в вузах. – 1996. – Т. 2. – № 3. – С. 56–60.
17. Алешкевич В.А., Ахметьев В.М. Автоколебания в курсе общей физики // Физическое образование в вузах. – 2002. – Т. 8. – № 2. – С. 7–13.
18. http://genphys.phys.msu.ru/demoprog

УДК 377:378